

면에서 광의 각도가 바깥으로써 인출할 수 있다. 즉, 발광한 광을 요철부에서 난반사시킴으로써, 종래에는 전체반사했던 광을 위쪽으로 올려, 소자 외부로 인출할 수 있다. 이 요철형상은 요철이 없는 것에 비하여 1.5배 이상의 출력향상을 기대할 수 있다. 요철의 평면형상은 원형 또는 육각형이나 삼각형의 다각형 형상인 것이 바람직하다. 또한, 요철의 평면형상을 스트라이프 형상, 격자 형상, 직사각형 형상등으로 형성하여도 좋다. 광의 인출효율을 높이기 위해서는, 요철의 패턴피치가 가능한 한 세밀한 것이 좋다. 또한, 요철의 단면형상은 평평한 직선으로 구성되어 있는 것 보다도, 완만한 파형인 것이 바람직하다. 요철의 단면형상을 파형으로 함으로써, 요철의 단면형상이 각진 경우에 비하여, 광인출효율이 향상된다. 더욱이, 오목한 부분의 깊이는 0.2~3 $\mu$ m인 것이 바람직하고, 보다 바람직한 것은 1.0 $\mu$ m~1.5 $\mu$ m이다. 오목한 부분의 깊이가 지나치게 얕으면 광인출 향상의 효과가 낮아지고, 너무 깊으면 횡방향 저항이 높아지기 때문이다. 더욱이, 오목한 부분의 형상을 원형이나 다각형 모양으로 한 경우에는, 저저항치를 유지하여 출력을 향상시킬 수 있다.

또한, n형 질화물 반도체층의 노출면에 형성하는 n전극에는 Ti-Al-Ni-Au 혹은 W-Al-W-Pt-Au의 다층전극을 사용할 수 있다. n전극의 두께는 0.1~1.5 $\mu$ m가 바람직하다. 또한, n전극 이외의 노출면을 덮도록 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>

, TiO<sub>2</sub> 등의 절연성 보호막을 마련하는 것이 바람직하다.

한편, p전극과 n전극은 질화물 반도체 소자의 한 쪽 주면에 p전극이, 다른 쪽 주면에 n전극이 형성되어 있는 한, 크기나 형상은 특히 한정되지 않는다. 바람직하게는 양 전극이 질화물 반도체층의 적층방향에서 보아, 서로 겹치지 않도록 대향배치되어 있다. 이에 의해, 페이스다운 구조의 경우, 발광한 광이 n전극에 의해 차단되지 않고 효율적으로 인출할 수 있다. 예를 들면, p전극을 p형 질화물 반도체층의 거의 전체면에 형성했을 경우, n전극을 n형 질화물 반도체층의 모서리부에 2개 또는 4개 형성하여도 좋고, 격자모양으로 전체면에 형성하여도 좋으며, 또한, 모서리부에 격자모양으로 형성할 수도 있다.

도 5를 참조하여, p전극과 n전극의 바람직한 형상에 대하여 상세히 설명한다. 도 5a 및 도 5b는 본건 발명에 따른 질화물 반도체 발광소자를 나타내는 평면도 및 단면도이다. 지지기판(10) 위에, 제 1 접합층과 제 2 접합층이 공결정하여 형성된 도전층(15), p전극(16), 질화물 반도체(17)가 순서대로 형성되어 있다. 질화물 반도체(17) 위에는 n전극(12)이 마련되어 있다. n전극(12)은 침의 대각선상의 모서리부에 패드전극 형성영역(12a)을 가지고, 패드전극 형성영역(12a) 사이에, 그물코 모양으로 퍼져있다. n전극(12)을 그물코 모양, 격자모양 등으로 발광범위의 거의 전체면에 형성함으로써, 질화물 반도체층(17)에 균일하게 전류를 흘릴 수 있다. 패드전극 형성영역(12a)은 대각선의 2군데에 한하지 않고, 네모퉁이 모두에 형성되어 있어도 좋다. 또한, p전극(16)과 n전극(12)은 침 위면에서 보아, 서로 겹치지 않도록 형성되어 있다. 또한, n전극(12) 위에는 보호막(19)이 형성되어 있다. 보호막(19)은 n전극의 패드전극 형성영역(12a) 이외이면, 질화물 반도체층(17)의 위뿐만 아니라, p전극(16) 위에 형성하여도 좋다.

도 5b에 나타내는 바와 같이, 질화물 반도체(17)와 접해있는 p전극(16)에는 개구부가 설치되며, 그 개구부 안에는 절연성 보호막(20)이 형성되어 있다. 이 보호막(20)의 재료에는 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 등의 단층막 또는 다층막을 사용할 수 있다. 절연성인 보호막(20)을 갖춤으로써, 쇼트 등을 방지하고, 수율이나 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한, 보호막(20)은 반사막(도시하지 않음)과 2층구조로 되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 보호막(20)의 질화물 반도체(17)와 접하지 않은 쪽에 Al, Ag, Rh 등의 반사막(도시하지 않음)을 500 Å 이상 2000 Å 이하의 막두께로 형성함으로써, 횡방향으로 전파하는 광을 효율적으로 인출할 수 있다. 반사막은 지지기판(10) 측에 있어도 좋고, 질화물 반도체(17)측에 있어도 좋다.

한편, p전극(16)과 소자 외부의 전기접속은 도전층(15)을 사이에 두고 행할 수 있다. 예를 들면, 지지기판(10)이 도전성인 경우에는, 지지기판(10)의 이면에 와이어를 접속함으로써, 도전층(15)과 지지기판(10)을 통해 p전극(16)과 외부로 전기접속할 수 있다. 지지기판(10)이 도전성이 아닐 경우에는, 예를 들면 침 측면으로부터 도전층(15)으로 와이어를 접속함으로써, p전극(16)과 외부로 전기접속할 수 있다. 또한, 지지기판(10)과 도전층(15)을 질화물 반도체층(17)보다 넓은 면적으로 형성해 두어, 질화물 반도체층(17)에 덮이지 않은 부분의 도전층(15)에 와이어를 접속하여도 좋다.

이하, 본 발명에 따른 질화물 반도체 소자의 구체적 구성에 대하여 설명한다.

(하지층)

하지층(2)은 적어도 1층 이상의 질화물 반도체로 구성할 수 있는데, 성장용 기판(1) 위에 저온성장시킨 버퍼층(3)과, 그 버퍼층(3) 위에 고온성장시킨 고온성장층(4)으로 구성하는 것이 바람직하다.

버퍼층(3)으로서는, Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>N (0 < x ≤ 1)로 이루어진 질화물 반도체이며, 바람직하게는 Al의 비율이 작은 것이 좋고, 보다 바람직하게는 GaN을 사용함으로써 버퍼층 위에 성장시키는 질화물 반도체의 결정성이 향상된다. 버퍼층의 두께는 바람직하게는 0.002~0.5 $\mu$ m이고, 보다 바람직하게는 0.005~0.2 $\mu$ m, 더욱 바람직하게는 0.01~0.02 $\mu$ m이다. 버퍼층의 성장온도는 바람직하게는 200~900℃이고, 보다 바람직하게는 400~800℃이다.

고온성장층(4)으로서는 인도의 GaN 또는 n형 불순물을 도프한 GaN을 사용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 GaN은 결정성이 양호하기 때문에, 하지층으로서 GaN을 성장시킴으로써, 그 위에 성장하는 소자구조의 결정성도 개선된다. 단, 고온성장층(4)은 결정성 개선 효과를 잃지 않을 정도로 In이나 Al을 함유하고 있어도 좋다. 고온성장층(4)의 In비율은 0.01이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, 고온성장층(4)의 Al비율은 0.01이하로 하는 것이 바람직하다. 특히, 고온성장층(4)에 In을 포함한 경우, 고온성장층(4)의 결정성이 부드럽게 되어, 성장용 기판과의 계면에서 발생한 변형을 완화시키는 효과도 얻을 수 있다. 고온성장층의 막두께는 500 Å 이상, 보다 바람직하게는 5 $\mu$ m 이상, 더욱이 바람직하게는 10 $\mu$ m 이상으로 한다. 또한, 고온성장층의 성장온도는 900~1100℃이고, 보다 바람직하게는 1050℃ 이상이다.

또한, 고온성장층(4)에 사용하는 질화물 반도체가 활성층으로부터의 발광을 자기 흡수하는 경우에는, 고온성장층(4)을 최종적으로 제거하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 고온성장층(4)의 밴드 갭 에너지가 (발광피크 에너지 + 0.1eV)보다 작은 경우, 고온성장층(4)에 의해 활성층으로부터의 발광이 흡수되어 버리기 때문에, 그와 같은 고온성장층(4)을 제거함으로써, 발광강도를 높일 수 있다. 또한, 발광의 자기흡수가 문제되지 않을 정도의 막두께, 예를 들면 0.1 $\mu$ m 이하(보다 바람직하게는 0.01 $\mu$ m)의 두께이면, 고온성장층(4)의 일부를 남겨도 좋다.

(n형 클래드층, 겸 n형 콘택트층(5))

n형 클래드층(5)으로는 활성층(6)의 밴드 갭 에너지보다 커지는 조성이며, 활성층(6)으로의 캐리어 가동이 가능하다면 특별히 한정되지 않지만, Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>N

5. DE 198 02 040 A1 (English abstract is provided)
6. DE 94 22 141 U1 (English abstract is provided)
7. DE 88 16 836 U1
8. JP 2001-173689 A (English translation and abstract enclosed)
9. EP 0 872 659 A1 (English abstract is provided)

Documents 1-3 are cited in the ISR. Documents 1 and 3-9 are cited in the German Examination Report dated January 28, 2004. Documents 5 and 9 are also mentioned in the background of the specification of the instant application. A concise explanation of relevancy for each non-English document without English translation or abstract is provided below:

**Document 1**

It is indicated in the ISR that page 4, lines 5-12 of Document 1 are "X" category relevant to claims 1 and 3-5 and "Y" category relevant to claim 6 of the corresponding PCT application.

**Document 3**

It is indicated in the ISR that claims 1 and 6-7 of Document 2 are "Y" category relevant to claim 6 and "A" category relevant to claim 1 of the corresponding PCT application.

**Document 7**

It is indicated in the German Examination Report dated January 28, 2004 that Document 7 discloses the application of the brake disk with radial symmetric circumferential safety rings as clamp ring, especially in the rail vehicle.

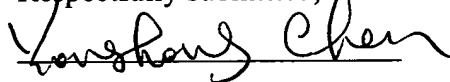
The present Information Disclosure Statement is being filed within three months of the filing date of the instant application or before the mailing date of the first Office Action on the merits, therefore no Certification Under 37 C.F.R. §1.97(e) or fee under 37 C.F.R. §1.17(p) is required.

The submission of the listed documents is not intended as an admission that any such document constitutes prior art against the claims of the present application. Applicants do not waive any right to take any action that would be appropriate to antedate or otherwise remove any listed document as a competent reference against the claims of the present application.

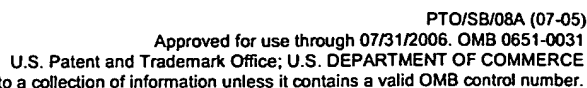
Applicants respectfully request that the listed documents be considered by the Examiner and be made of record in the present application and that an initialed copy of Form PTO/SB/08A be returned in accordance with MPEP §609.

**Date: September 20, 2006**

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yonghong Chen', written over a horizontal line.

Yonghong Chen  
Registration No. 56,150  
Akerman Senterfitt  
Customer No. 30448  
222 Lakeview Avenue, Suite 400  
West Palm Beach, FL 33401  
Phone: 561-653-5000



**Complete if Known**

Application Number	10/556,122
Filing Date	11/09/2005
First Named Inventor	Helmut SCHLITZ
Art Unit	3683
Examiner Name	
Attorney Docket Number	3926.215

Sheet	1	of	2
-------	---	----	---

[illegible]

FOREIGN PATENT DOCUMENTS						
Examiner Initials*	Cite No. <sup>1</sup>	Foreign Patent Document	Publication Date	Name of Patentee or Applicant of Cited Document	Pages, Columns, Lines, Where Relevant Passages Or Relevant Figures Appear	T <sup>6</sup>
		Country Code <sup>3</sup> *Number <sup>4</sup> *Kind Code <sup>5</sup> (if known)	MM-DD-YYYY			
		DE 34 32 501 A1	03-13-1986	Knorr-Bremse GmbH		
		GB 1 412 758 A	11-05-1975	Girling Limited		
		DE 297 10 533 U1	01-22-1998	Knorr-Bremse Systeme fuer Schienenfahrzeuge GmbH		
		DE 198 59 616 A1	07-06-2000	DaimlerChrysler AG		
		DE 198 02 040 A1	07-22-1999	ITT Mfg. Enterprises, Inc.		
		DE 94 22 141 U1	05-28-1998	Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG		

Examiner Signature		Date Considered	
-----------------------	--	--------------------	--

\*EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609. Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.<sup>1</sup> Applicant's unique citation designation number (optional).<sup>2</sup> See Kinds Codes of USPTO Patent Documents at [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov) or MPEP 901.04.<sup>3</sup> Enter Office that issued the document, by the two-letter code (WIPO Standard ST.3).<sup>4</sup> For Japanese patent documents, the indication of the year of the reign of the Emperor must precede the serial number of the patent document.<sup>5</sup> Kind of document by the appropriate symbols as indicated on the document under WIPO Standard ST.16 if possible.<sup>6</sup> Applicant is to place a check mark here if English language Translation is attached.

This collection of information is required by 37 CFR 1.97 and 1.98. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

**If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.**

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 (1-800-786-9199) and select option 2.